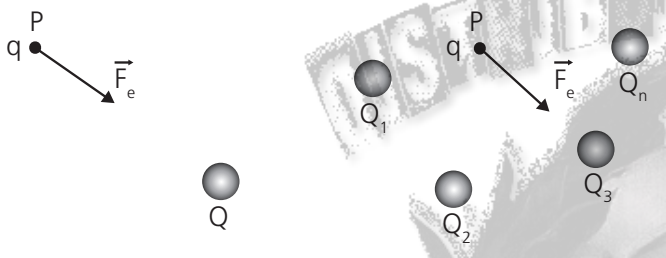
Aulas 3 e 4

CAMPO ELÉTRICO

A ideia de campo elétrico surge da necessidade de entender como é dada a interação entre cargas, uma vez que a Lei de Coulomb, individualmente, não informa como as cargas elétricas "detectam" a presença de outras.

Por ora, vamos entender campo da seguinte maneira:

"Uma carga elétrica puntiforme Q, ou uma distribuição de cargas, modifica a região que a envolve, de modo que, ao colocarmos uma carga elétrica puntiforme **q** (carga de prova/teste) num ponto P dessa região, ela ficará sob ação de uma força F, de origem elétrica. Dizemos que a carga elétrica Q ou a distribuição de cargas origina ao seu redor um campo elétrico."



Isto é, o campo elétrico desempenha papel de transmissor de interações entre cargas elétricas:

Podemos estudar o Campo Elétrico de duas maneiras: do ponto de vista vetorial, definindo o vetor Campo Elétrico $(\vec{E})$ ou da maneira escalar, definindo o Potencial Elétrico (V). No presente capítulo, dedicaremos nossa atenção a primeira abordagem e, futuramente, a segunda.

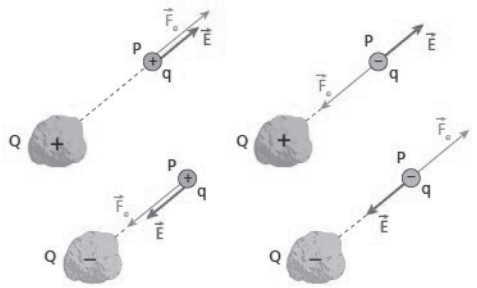
Vetor Campo Elétrico $(\vec{E})$

Matematicamente, o vetor campo elétrico é definido como:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

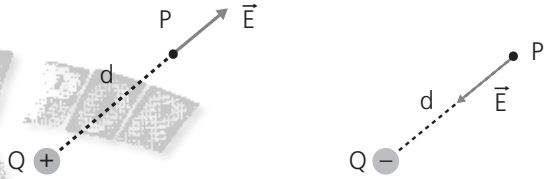
Dessa definição, temos:

- Intensidade: $E = \frac{F_e}{|q|}$
- Direção: a mesma de $\vec{F}_e$
- Sentido: o mesmo de $\vec{F}_e$, se **q** for positivo e contrário de $\vec{F}_e$, se **q** for negativo.
- Unidade no SI (N/C)



Campo Elétrico de uma Carga Pontual

Veja a situação a seguir:



Ao colocarmos uma carga de teste **q** no ponto P, ela estará sujeita a uma força pela carga geradora Q do tipo:

$$F_e = K\frac{Q \cdot q}{d^2}$$

Assim:

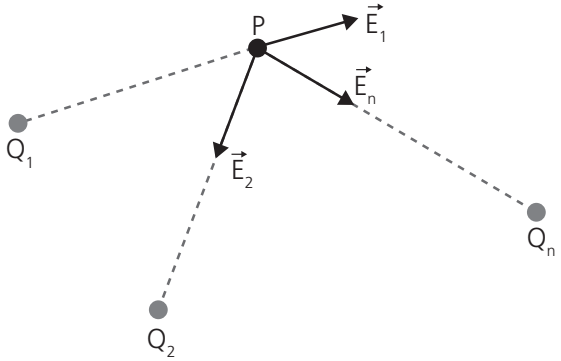
$$E = \frac{F_e}{q} \Rightarrow E = \frac{K\frac{Q \cdot q}{d^2}}{q} \Rightarrow \boxed{E = K\frac{Q}{d^2}}$$

Observe que a intensidade do campo elétrico não depende do valor da carga de teste **q**.

Campo Elétrico de Várias Cargas Puntiformes Fixas

É dado pela **soma vetorial** dos campos individuais:

$$\vec{E}_r = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + (\cdots) + \vec{E}_n$$



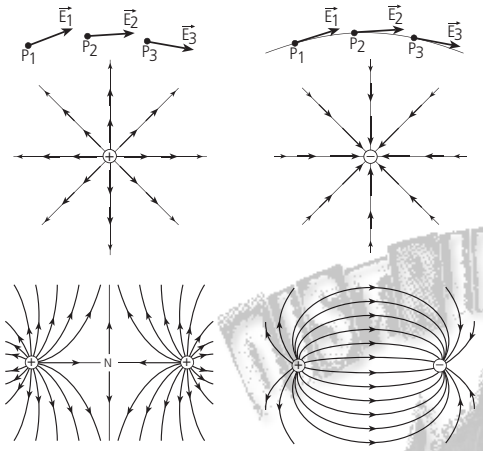
Linhas de força de Campo Elétrico

É uma maneira geométrica de representar a presença de um campo elétrico em determinada região do espaço.

Apresento a seguir algumas propriedades:

- Por convenção, as linhas de força tem o mesmo sentido do vetor $\vec{E}_r$.
- Uma linha de campo tangencia, em cada ponto, o vetor $\vec{E}_r$ associado aquele ponto.
- Uma concentração maior de linhas em determinada região, indica que, naquela região, o campo elétrico é mais intenso.
- Linhas de campo não podem se cruzar.

Nas figuras seguintes, temos alguns exemplos de linhas de campo:



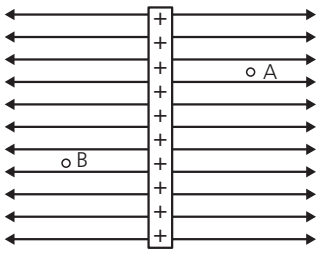
Campo Elétrico criado por uma Placa Condutora

A figura a seguir ilustra o campo elétrico nas proximidades de uma placa condutora carregada, aproximadamente uniforme. Pode-se demonstrar, utilizando a Lei de Gauss, que a intensidade do campo elétrico é calculado por:

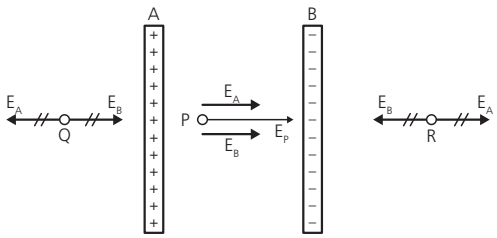
$$E = \frac{|\sigma|}{2\grave{o}}$$

Onde $|\sigma| = \frac{|q|}{A}$ corresponde ao módulo da densidade superficial de cargas. No SI (C/m^2)

CAMPO ELÉTRICO UNIFORME



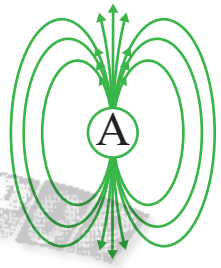
Vamos considerar, agora, a situação em que temos duas placas condutoras idênticas, paralelas, com cargas de sinais opostos, porém com mesmo $|\sigma|$ colocadas uma de frente para a outra a uma pequena distância comparada com as dimensões das placas. Dessa maneira, temos três regiões. Duas externas, onde o campo elétrico é nulo, e uma interna, onde o campo elétrico vale $E = \frac{\sigma}{\grave{o}}$.



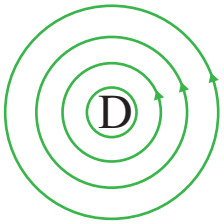
Exercícios

01. Qual das seguintes figuras melhor representa as linhas de força do campo elétrico de uma pequena esfera metálica positivamente carregada?

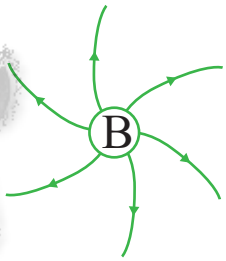
A)



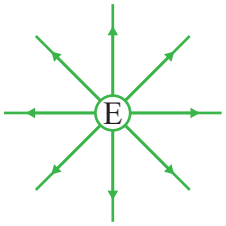
D)



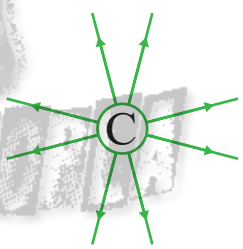
B)



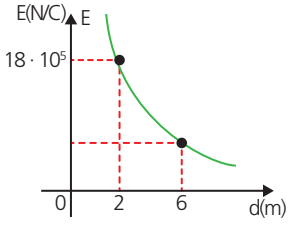
E)



C)



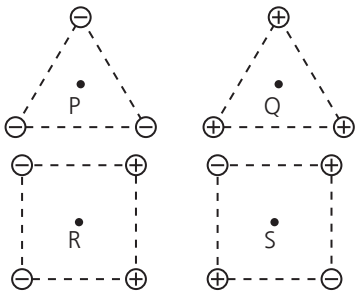
02. A intensidade do vetor campo elétrico gerado por uma carga Q puntiforme, positiva e fixa em um ponto do vácuo, em função da distância d em relação a ela, varia conforme o gráfico a seguir.



A intensidade do vetor campo elétrico, no ponto situado a 6 m da carga, é:

A) $2 \cdot 10^5$ N/C
B) $3 \cdot 10^5$ N/C
C) $4 \cdot 10^5$ N/C
D) $5 \cdot 10^5$ N/C
E) $6 \cdot 10^5$ N/C

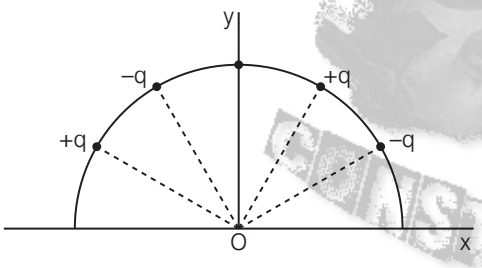
03. Os pontos P, Q, R e S são equidistantes das cargas localizadas nos vértices de cada figura a seguir:



Sobre os campos elétricos resultantes, é correto afirmar que
A) é nulo apenas no ponto R.
B) são nulos nos pontos P, Q e S.
C) são nulos apenas nos pontos R e S.
D) são nulos apenas nos pontos P e Q.

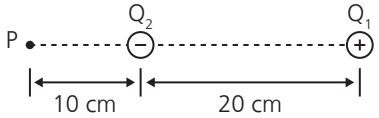
04. Duas cargas elétricas pontuais, de mesmo valor e com sinais opostos, encontram-se em dois dos vértices de um triângulo equilátero. No ponto médio, o módulo do campo elétrico resultante às duas cargas vale E. Qual o valor do módulo do campo elétrico no terceiro vértice do triângulo?
A) E/2
B) E/3
C) E/4
D) E/8
E) E/6

05. Quatro cargas, todas de mesmo valor, q, sendo duas positivas e duas negativas, estão fixadas em um semicírculo, no plano xy, conforme a figura a seguir. Indique a opção que pode representar o campo elétrico resultante, produzido por essas cargas, no ponto O.



A) →
B) ←
C) vetor nulor
D) ↓
E) ↑

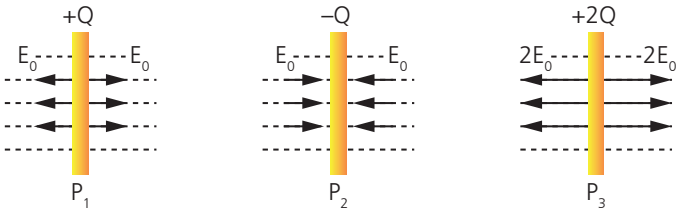
06. Uma carga puntiforme positiva $Q_1=18 \cdot 10^{-6}$ C dista no vácuo 20 cm de outra $Q_2=-8 \cdot 10^{-6}$ C conforme a figura a seguir.



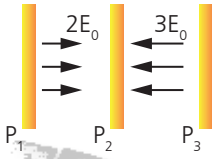
Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm²/C²

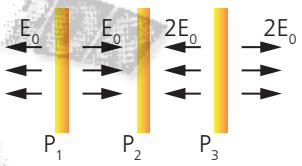
A intensidade do campo elétrico E criado por estas duas cargas no ponto P vale:
A) $5,4 \cdot 10^{-5}$ N/C
B) $6,0 \cdot 10^{-4}$ N/C
C) $18 \cdot 10^5$ N/C
D) $54 \cdot 10^5$ N/C
E) $72 \cdot 10^5$ N/C

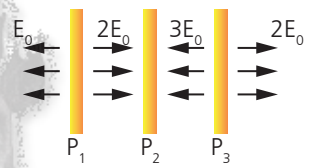
07. Três grandes placas, P1, P2 e P3, com respectivamente, cargas +Q, –Q e +2Q, geram campos elétricos uniformes em certas regiões do espaço. As figuras a seguir mostram, cada uma, intensidade, direção e sentido dos campos criados pelas respectivas placas P1, P2 e P3, quando vistas de perfil.

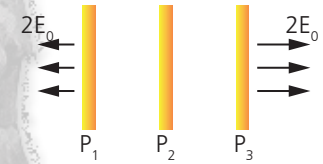


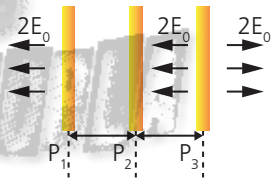
Colocando-se as placas próximas, separadas pela distância D indicada, o campo elétrico resultante, gerado pelas três placas em conjunto, é representado por:
Nota: onde não há indicação, o campo elétrico é nulo.

A)


B)


C)


D)


E)


08. A figura a seguir mostra uma visão laeral de duas placas finas não condutoras, paralelas e infinitas, separadas por uma distância **d**.

As duas placas possuem densidades uniformes de cargas, iguais em módulo e de sinais contrários. Sendo E o módulo do campo elétrico devido a somente uma das placas, então os módulos do campo elétrico acima, entre e abaixo das duas placas, são, respectivamente:
A) E, 2E, E
B) 2E, 0, 2E
C) 0, 2E, 0
D) 2E, 2E, 2E

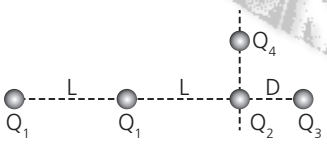
09. Um elétron é colocado em repouso entre duas placas paralelas carregadas com cargas iguais e de sinais contrários.
Considerando desprezível o peso do elétron, pode-se afirmar que este:
A) move-se na direção do vetor campo elétrico, mas em sentido oposto do vetor campo elétrico.
B) move-se na direção e sentido do vetor campo elétrico.
C) fica oscilando aleatoriamente entre as placas.
D) move-se descrevendo uma parábola.
E) ica em repouso.

10. Um próton se desloca horizontalmente, da esquerda para a direita, a uma velocidade de $4 \cdot 10^5$ m/s. O módulo do campo elétrico capaz de trazer o próton uniformemente para o repouso, após percorrer uma distância de 3 cm, vale em N/C:
Dados: massa do próton $1{,}8 \cdot 10^{-27}$ kg, carga do próton $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.
A) $4 \cdot 10^3$
B) $3 \cdot 10^5$
C) $6 \cdot 10^4$
D) $3 \cdot 10^4$

11. Duas cargas puntiformes Q e **q** são separadas por uma distância **d**, no vácuo (veja figura). Se, no ponto P, o campo elétrico tem módulo nulo, a relação entre Q e q é igual a

A) $Q = -q\dfrac{(x+d)^2}{d^2}$
B) $q = -Q\dfrac{(x+d)^2}{x^2}$
C) $Q = -q\dfrac{(x+d)^2}{X^2}$
D) $Q = -2q\dfrac{(x+d)^2}{x^2}$

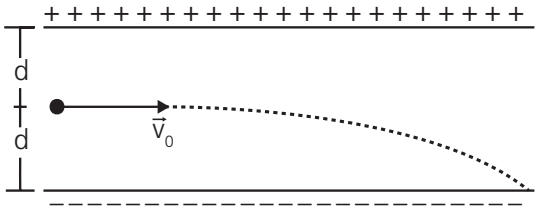
12. Cinco cargas elétricas pontuais positivas encontram-se fixas no vácuo de acordo com o arranjo da figura a seguir. O campo elétrico resultante sobre Q_2 aponta na direção que une as cargas Q_2 e Q_4.
Nessa situação, pode-se afirmar que $\dfrac{Q_1D^2}{Q_3L^2}$ vale:



A) $\dfrac{4}{5}$
B) $\dfrac{2}{5}$
C) 1
D) $\dfrac{5}{2}$
E) $\dfrac{5}{4}$

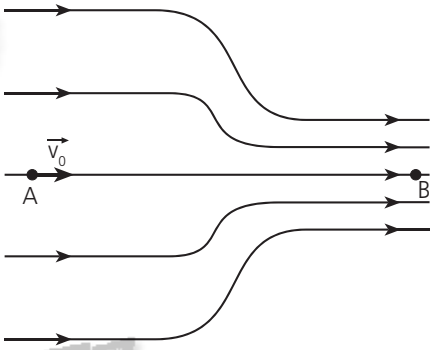
13. (EsPCEx) Considere uma esfera metálica de massa igual a 10^{-6} kg e carga positiva de 10^{-3} C. Ela é lançada verticalmente para cima com velocidade inicial $v_0 = 50$ m/s, em uma região onde há um campo elétrico uniforme apontado verticalmente para baixo, de módulo $E = 10^{-2}$ N/C. A máxima altura que a esfera alcança, em relação ao ponto de onde foi lançada, é de:
Dado: considere a aceleração da gravidade igual a $10 m/s^2$.
A) 32,5 m
B) 40,5 m
C) 62,5 m
D) 70,0 m
E) 82,7 m

14. (AFA-SP) Considere o campo elétrico uniforme criado por duas placas planas e paralelas. Um próton e uma partícula α são lançados com a mesma velocidade V_0 paralela às placas, como mostra a figura.



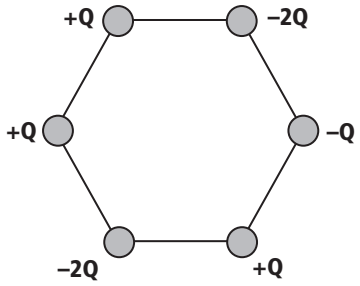
Sabendo-se que a partícula α é o núcleo do átomo de hélio (He), constituída, portanto, por 2 prótons e 2 nêutrons, a razão $\dfrac{d_p}{d_a}$ entre as distâncias horizontais percorridas pelo próton (dp) e pela partícula α (d α) até colidirem com a placa negativa é (despreze o efeito gravitacional):
A) $\dfrac{1}{4}$
B) $\dfrac{1}{2}$
C) $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$
D) $\dfrac{\sqrt{2}}{4}$

15. Uma carga pontual positiva é lançada com velocidade V_0 no campo elétrico representado por suas linhas de força como mostra a figura.



Então:
A) nos pontos A e B a carga possui acelerações iguais.
B) a aceleração da carga no ponto A é menor que no ponto B.
C) a aceleração da carga no ponto A é maior que no ponto B.
D) a velocidade da carga em A é maior que a velocidade em B.
E) a velocidade da carga é a mesma em A e em B.

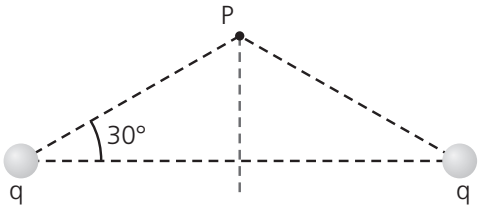
16. (Efomm) A figura dada apresenta um hexágono regular de lado R em cujos vértices estão dispostas cargas elétricas puntiformes. Considere que há vácuo entre as cargas e que seus valores são os dados na figura:



Considerando K como sendo a constante de Coulomb, o módulo do campo elétrico no centro da figura vale

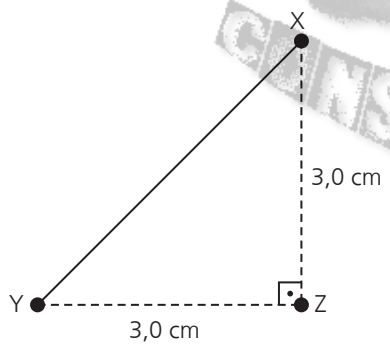
A) zero
B) KQ/R^2
C) $2KQ/R^2$
D) $6KQ/R^2$
E) $8KQ/R^2$

17. (Aman) Duas cargas idênticas negativas, simetricamente dispostas, conforme a figura, produzem no ponto P um campo elétrico resultante de módulo E. Para uma carga apenas, o módulo do vetor campo elétrico em P vale:



A) $\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)E$
B) $\frac{1}{2}E$
C) $\sqrt{3E}$
D) 2E
E) E

18. (Aman) No triângulo retângulo isósceles XYZ, conforme desenho abaixo, em que XZ = YZ = 3,0 cm, foram colocadas uma carga elétrica puntiforme $Q_x = +6nC$ no vértice X e uma carga elétrica puntiforme e $Q_y = +8nC$ no vértice Y.



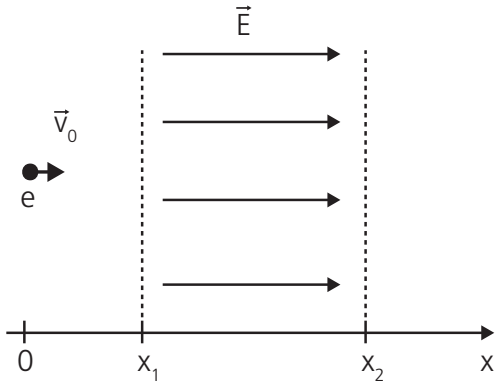
Desenho ilustrativo - fora de escala

A intensidade do campo elétrico resultante em Z, devido às cargas já citadas é:

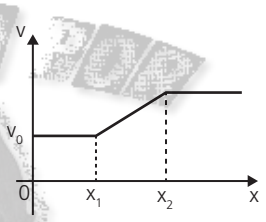
Dados: o meio é o vácuo e a constante eletrostática do vácuo é $K_0 = 9 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$.

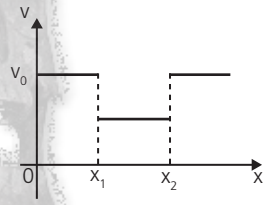
A) $2 \cdot 10^5$ N/C.
B) $6 \cdot 10^5$ N/C.
C) $8 \cdot 10^5$ N/C.
D) 10^4 N/C.
E) 10^5 N/C.

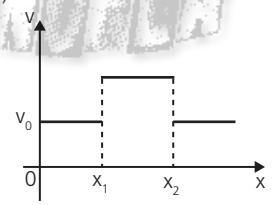
19. (AFA-SP) Um elétron desloca-se na direção **x**, com velocidade inicial V_0. Entre os pontos x_1 e x_2, existe um campo elétrico uniforme, conforme mostra a figura abaixo.

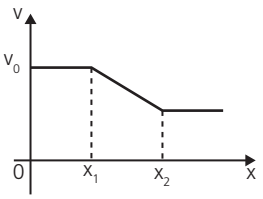


Desprezando o peso do elétron, assinale a alternativa que melhor descreve o módulo da velocidade **v** do elétron em função de sua posição **x**.

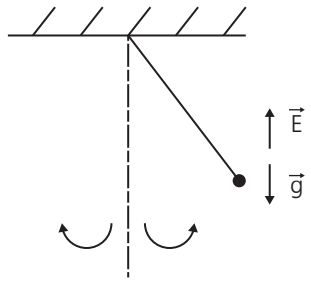
A)


B)


C)


D)


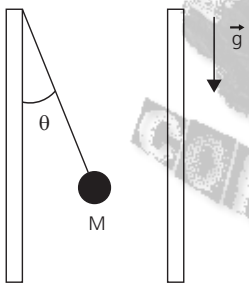
20. Numa certa região do espaço, existe um campo gravitacional uniforme g = 10 m/s² e um campo elétrico E = 3 · 10⁴ N/C, vertical e dirigido de baixo para cima. Nesta região, coloca-se uma massa pendular, conforme figura abaixo.



Inicialmente, a massa pendular (m = 5 g) está neutra e oscila com período T. Ao se eletrizar a massa pendular com carga elétrica q, nota-se que o período de oscilação diminui para a metade do seu valor inicial. O valor da carga q, em μC, vale:

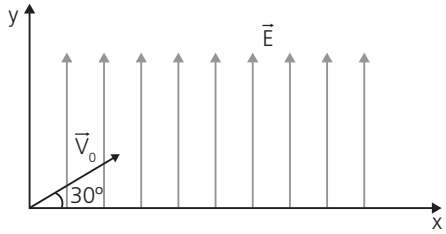
Dado: 1μ = 10⁻⁶
A) –5
B) +5
C) +10
D) –10

21. (EsPCEx) Uma pequena esfera de massa M igual a 0,1 kg e carga elétrica q = 1,5 μ C está, em equilíbrio estático, no interior de um campo elétrico uniforme gerado por duas placas paralelas verticais carregadas com cargas elétricas de sinais opostos. A esfera está suspensa por um fio isolante preso a uma das placas conforme o desenho a seguir. A intensidade, a direção e o sentido do campo elétrico são, respectivamente,
Dados: cos θ = 0,8 e sen θ = 0,6, intensidade da aceleração da gravidade g = 10 m/s²



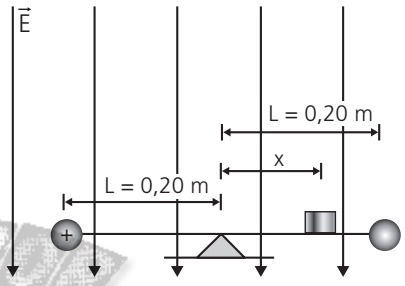
A) 5 · 10⁵ N/C, horizontal, da direita para a esquerda.
B) 5 · 10⁵ N/C, horizontal, da esquerda para a direita.
C) 9 · 10⁵ N/C, horizontal, da esquerda para a direita.
D) 9 · 10⁵ N/C, horizontal, da direita para a esquerda.
E) 5 · 10⁵ N/C, vertical, de baixo para cima.

22. No instante t = 0 s, um elétron é projetado em um ângulo de 30° em relação ao eixo **x**, com velocidade v_0 de 4 · 10⁵ m/s, conforme o esquema a seguir.



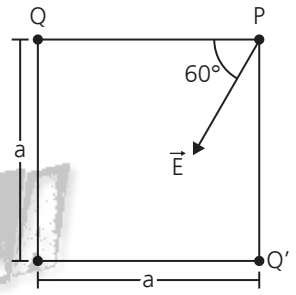
Considerando que o elétron se move num campo elétrico constante E = 100 N/C, o tempo (despreze o efeito gravitacional) que o elétron levará para cruzar novamente o eixo **x** é de
Dados: e = 1,6 · 10⁻¹⁹ C; me = 9,1 · 10⁻³¹ kg.
A) 10 ns
B) 15 ns
C) 23 ns
D) 12 ns
E) 18 ns

23. A figura mostra uma balança na superfície da Terra (g = 10 m/s²) colocada em uma região onde existe um campo elétrico uniforme de intensidade E = 2,0 × 10⁶ N/C. Nas extremidades do braço isolante da balança existem duas esferas metálicas de massas iguais. A esfera do lado esquerdo tem uma carga positiva q = 3,0 × 10⁻¹⁰ C, e a esfera do lado direito é eletricamente neutra. Do lado direito do braço, a uma distância **x** do ponto de apoio, está um corpo de massa m = 0,10 g. O comprimento de cada lado do braço da balança é L = 0,20 m.



Calcule o valor do comprimento **x** na situação de equilíbrio.
A) 0,06 m
B) 0,09 m
C) 0,12 m
D) 0,16 m
E) 0,24 m

24. Em dois vértices opostos de um quadrado de lado a, estão fixas duas cargas puntiformes de valores Q e Q'. Essas cargas geram, em outro vértice P do quadrado, um campo elétrico E, cuja direção e sentido estão especificados na figura a seguir:



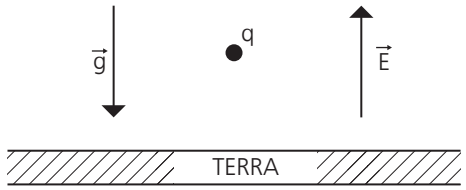
Indique os sinais das cargas Q e Q' e calcule o valor da razão Q/Q'.
A) Q positiva e Q' negativa $\frac{\sqrt{3}}{3}$
B) Q negativa e Q' negativa $\frac{\sqrt{3}}{3}$
C) Q positiva e Q' negativa $\sqrt{3}$
D) Q negativa e Q' negativa $\sqrt{3}$

25. (EsPCEx modificada) Uma partícula com carga elétrica negativa igual a –10⁻⁸ C encontra-se fixa num ponto do espaço. Uma segunda partícula de massa igual a 0,1 g e carga elétrica positiva igual a +10⁻⁸ C descreve um movimento circular uniforme de raio 10 cm em torno da primeira partícula. Considerando que elas estejam isoladas no vácuo e desprezando todas as interações gravitacionais, o módulo da velocidade linear da partícula positiva em torno da partícula negativa é igual a

Dado: considere a constante eletrostática do vácuo igual a

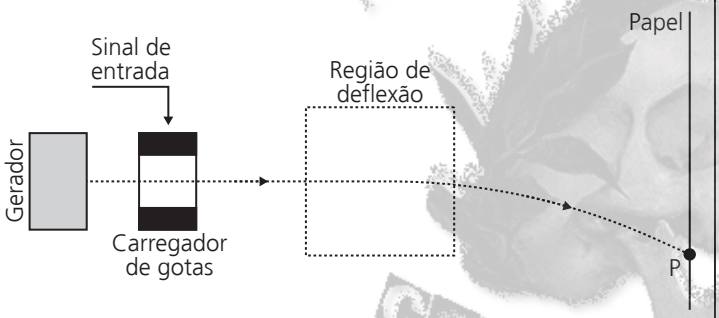
A) 0,3 Km/s
B) 0,6 Km/s
C) 0,8 Km/s
D) 1,0 Km/s
E) 1,5 Km/s

26. (EsPCEx) Uma partícula de carga q e massa 10^{-6} kg foi colocada num ponto próximo à superfície da Terra onde existe um campo elétrico uniforme, vertical e ascendente de intensidade $E = 10^5$ N/C. Sabendo que a partícula está em equilíbrio, considerando a intensidade da aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$, o valor da carga q e o seu sinal são respectivamente:



A) 10^{-3} μC negativa
B) 10^{-5} μC positiva
C) 10^{-5} μC negativa
D) 10^{-4} μC positiva
E) 10^{-4} μC negativa

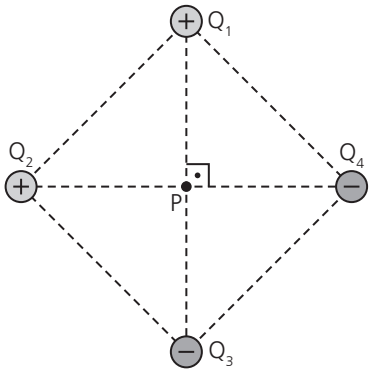
27. Na figura a seguir temos o esquema de uma impressora jato de tinta que mostra o caminho percorrido por uma gota de tinta eletrizada negativamente, numa região onde há um campo elétrico uniforme. A gota é desviada para baixo e atinge o papel numa posição P.



O vetor campo elétrico responsável pela deflexão nessa região é:

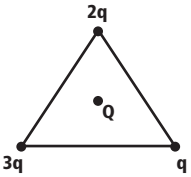
A) ↑
B) ↓
C) →
D) ←

28. Quatro cargas elétricas puntiforme Q_1, Q_2, Q_3 e Q_4 estão fixas nos vértices de um quadrado, de modo que $|Q_1| = |Q_2| = |Q_3| = |Q_4|$. As posições das cargas e seus respectivos sinais estão indicados na figura. Se E for o módulo do campo elétrico no ponto P, centro do quadrado, devido a Q_1, o campo elétrico em P, devido a presença das quatro cargas, terá módulo:



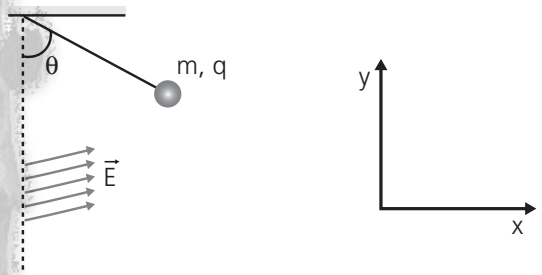
A) 0
B) 4E
C) $\sqrt{2}$ E
D) $2\sqrt{2}$ E
E) $4\sqrt{2}$ E

29. Cargas q, 2q e 3q são colocadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado **a** (fig.). Uma carga Q de mesmo sinal que as outras três é colocada no centro do triângulo. Calcule a força resultante sobre Q.



A) $\frac{4}{\sqrt{3}}\frac{KQq}{a^2}$
B) $\frac{2}{\sqrt{3}}\frac{KQq}{a^2}$
C) $3\cdot\frac{KQq}{a^2}$
D) $4\cdot\frac{KQq}{a^2}$

30. Uma esfera homogênea de carga **q** e massa **m** de 2 g está suspensa por um fio de massa desprezível em um campo elétrico cujas componentes **x** e **y** têm intensidades Ex = $\sqrt{3}$ x 10^5 N/C e Ey = 1 x 10^5 N/C, respectivamente, como mostra a figura abaixo. Considerando que a esfera está em equilíbrio para θ = 60°, qual é a força de tração no fio? ($g = 9{,}8\ m/s^2$)



A) 9,80 x 10^{-3} N.
B) 1,96 x 10^{-2} N.
C) nula.
D) 1,70 x 10^{-3} N.
E) 7,17 x 10^{-3} N.

Gabarito

1	2	3	4	5
E	A	B	D	C
6	**7**	**8**	**9**	**10**
D	E	B	A	D
11	**12**	**13**	**14**	**15**
C	A	C	C	B
16	**17**	**18**	**19**	**20**
C	E	E	D	B
21	**22**	**23**	**24**	**25**
B	C	C	B	A
26	**27**	**28**	**29**	**30**
?	A	D	A	B

Supervisor(a): MARCELO PENA – **Autor(a):** KEN AIKAWA
Digitador(a).: VICENTINA – **Revisora.:** KARLLA
OSG.: 028.880 – 151699/20